

Testing polymer-metal hybrid automobile components at Daimler AG

Mercedes-Benz Werk Hamburg, Germany

Entwicklung Produkte und Projekte Systemelemente

October 2013 – February 2014



University of Twente

Faculty of Engineering Technology

Chair of Production Technology

M.M. Bouwman, s0191361

UT Supervisor: Prof. dr. ir. R. Akkerman

Host Supervisor: M. Siemers

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Voorwoord

Mijn stage, onderdeel van de master Mechanical Engineering aan de Universiteit Twente, heb ik uitgevoerd bij Daimler AG Mercedes-Benz Werk in Hamburg, Duitsland. Tijdens deze stage heb ik bij een Duits gastgezin gewoond. Hierdoor heb ik een vollediger beeld kunnen krijgen van het leven in Duitsland en werd ik tegelijkertijd meer gedwongen om Duits te praten. De vader van het gastgezin is werkzaam bij Daimler. Omdat ik het gastgezin, de familie Gabriel, al voor mijn stage goed kende, is het eerste contact met Daimler ook via de vader hiervan gelegd.

De vijf maanden durende stage heb ik uitgevoerd binnen de testafdeling van de afdeling EPP-S, wat staat voor *Entwicklung Produkte und Projekte Systemelemente*. De werkzaamheden die ik daar uitgevoerd heb zijn zeer divers te noemen: van het bedenken van een testopstelling tot het interpreteren van de testresultaten. Ook het meer praktische werk van het bouwen van de testopstelling en het uitvoeren van de test behoorde tot mijn taak. Hierdoor heb ik een goede indruk gekregen van het reilen en zeilen binnen een afdeling van Mercedes. Ook is het hierdoor mogelijk het functioneren van één afdeling in een breder perspectief te zien: wat draagt de afdeling bij aan het ontwerp en de productie van personenauto's?

Door dit brede scala aan werkzaamheden is mijn stage niet samen te vatten in één enkele opdracht. Ik probeer echter in dit verslag een zo duidelijk mogelijk beeld van mijn werkzaamheden te creëren, ondanks de beperking door mijn geheimhoudingsplicht: een globale beschrijving is toegestaan, maar details, specificaties en afbeeldingen niet. Wél is het gelukt toestemming te krijgen om een afbeelding van de *Cockpitquerträger 205* te gebruiken: dit is het onderdeel waar ik het meest mee gewerkt heb.

Graag wil ik mijn begeleider, Michael Siemers, bedanken voor de fijne samenwerking tijdens mijn stage. Ook dank ik mijn andere collega's voor de prettige samenwerking en de leuke tijd in Hamburg. Tot slot wil ik Jürgen Gabriel, Remko Akkerman en Dorien van de Belt bedanken voor de hulp bij de voorbereiding van mijn stage.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Structuur van het verslag

Allereerst zal een korte samenvatting worden gegeven. Deze samenvatting, geschreven in het Engels, zal het enige publiekelijk toegankelijke document van mijn stageverslag zijn. Deze samenvatting zal beschikbaar worden gesteld voor gebruik door studenten die een stageplek zoeken.

Mijn verslag vervolgt dan met een beknopte omschrijving van de stad Hamburg en de omgeving waar ik zelf tijdens mijn stage heb gewoond: Altes Land.

Na een kort stukje over de geschiedenis en wat algemene informatie van Daimler, zal ik wat informatie geven over het Werk Hamburg en de afdeling waar ik heb gewerkt.

Om te beschrijven wat een dergelijke afdeling bijdraagt aan de productie van een onderdeel, neem ik als voorbeeld de *Cockpitquerträger 205*: een belangrijk testonderdeel op de afdeling waar ik werkzaam was. Hiervan zal ik omschrijven welke testen bij dit onderdeel worden uitgevoerd en welke hiervan binnen de afdeling EPP-S plaatsvinden.

De werkzaamheden die ik uitvoerde zijn, zoals al aangegeven, zeer divers geweest. Hier probeer ik wat meer duidelijkheid over te geven, inclusief een meer gedetailleerde omschrijving van een vooronderzoek dat ik heb uitgevoerd.

Tot slot volgt een korte reflectie van mijn tijd bij Daimler en in Hamburg. Hier is een kopie bijgevoegd van het getuigschrift dat ik heb ontvangen.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Public abstract

Testing polymer-metal hybrid automobile components at Daimler AG

The emission of carbon dioxide for automobiles has been restricted by governments worldwide. Reducing this emission can be done by reducing the fuel consumption of automobiles. Apart from designing engines that are more fuel efficient, weight-reduction of the whole vehicle will lead to a lower fuel consumption. However, due to high safety standards and increasing comfort requirements cars tend to be heavier instead of lighter.

Therefore the use of fibre reinforced polymers (FRP) has become more and more important for the automotive industry. Structural car components, traditionally made of steel or aluminium, are built of FRP in order to reduce weight and to integrate more functions. Besides, the use of these materials can be economically attractive.

At Daimler AG Mercedes Benz Werk Hamburg several components of the new Mercedes-Benz C-Class 205 series have been designed and prepared for mass production. Before the official start of the mass production in February 2014, these components have been tested thoroughly in order to ensure quality and consistency for all components.

During my five month internship at Daimler AG I have been working in a testing department that is responsible for the *Cockpitquerträger* of the new C-Class. This Cockpitquerträger (CQT), the component that holds the steering column and dashboard of the car, is a polymer-metal hybrid structure. The metal components ensure the stiffness and energy absorption during a crash, while the fibre reinforced components support the dashboard and increase the functionality of the CQT. Besides working in this testing department in general, I paid special attention to a particular mechanical bonding between polymer and metal that is used in the CQT.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Structuur van het verslag	5
Public abstract	7
Inhoudsopgave	9
1. Omgeving.....	10
1.1 Hamburg.....	10
1.2 Altes Land	11
1.3 Taal en tradities.....	12
2. Daimler AG	13
2.1 Geschiedenis en algemeen.....	13
2.2 Mercedes Benz Werk Hamburg.....	13
2.3 Afdeling EPP-S.....	16
3. Cockpitquerträger 205	18
3.1 Geschiedenis.....	18
3.2 Ontwerp.....	19
3.3 Productie en montage	21
3.4 Testen	22
4. Werkzaamheden	25
4.1 Algemeen.....	25
4.2 Onderzoek naar Querrändelung van de CQT205	25
5. Reflectie.....	32
Getuigschrift.....	33
Bronverwijzing.....	35
Bijlage 1: Overzicht Baureihen in EPP-S	36
Bijlage 2: Layout Prüffeld	38

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

1. Omgeving

1.1 Hamburg

Hamburg is de op één na grootste stad van Duitsland en vormt met haar 1.8 miljoen inwoners de deelstaat Hamburg. Deze deelstaat van ongeveer 755 km² wordt volledig omsloten door de twee deelstaten *Niersachsen* en *Schleswig-Holstein*. Dwars door Hamburg stroomt de rivier de Elbe, waardoor ook grote schepen de stad kunnen bereiken. Hamburg is dan ook de grootste havenstad van Duitsland (figuur 1).

De stad is opgericht rond het jaar 700 en speelde in het begin een belangrijke rol in de kerkgeschiedenis. Pas in 1189 wordt de Hanzestad Hamburg gesticht, waarna de stad aanzienlijk groeide. Tijdens de Tweede Wereldoorlog heeft de stad veel schade opgelopen. Deze schade is slechts gedeeltelijk hersteld: vele gebouwen zijn afgebroken of compleet opnieuw gebouwd. Een enkele keer kom je nog de ruïnes tegen die zijn omgedoopt tot monument.

Vanwege de grote hoeveelheid verkeer in Hamburg speelt het openbaar vervoer een grote rol. Naast een uitgebreid spoornetwerk heeft de stad een uitgebreid bus- en metronetwerk. Ook de veerboot is een gebruikelijk vervoersmiddel. Om met de auto van het zuidelijk deel naar het noordelijk deel te gaan, kan gebruikt worden gemaakt van diverse bruggen. Een andere veel gebruikte manier is de *Elbtunnel*: een *Autobahn* die onder de Elbe doorloopt. Deze verbinding is echter erg berucht vanwege de files: hier iedere dag in de file staan is vrij gebruikelijk.



Figure 1: Hamburg vanuit de lucht ^[1]

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

In Hamburg zijn diverse bezienswaardigheden, waaronder diverse grote bruggen, Raadhuizen en kerken. Midden in de stad aan de Elbe is een groot historisch opslagcomplex, de *Speicherstadt*. De *Reeperbahn* in *Sankt-Pauli* is het meest bekende uitgaansgebied van Hamburg: in en rondom deze straat zijn vrijwel alleen maar uitgaansgelegenheden. Door de overvloed aan prostituees op de Reeperbahn wordt dit ook wel de *sündige Meile* genoemd. Opvallend is te zien, dat het nachtleven hier naadloos aansluit op het dagleven: op ieder moment van de dag is hier volop leven. Na het stappen op zaterdag is het voor vele bezoekers traditie om tegen 6 uur op zondagmorgen de *Fischmarkt* van *Altona* te bezoeken.

De verschillen tussen arm en rijk zijn in Hamburg erg groot: er zijn veel daklozen en bedelaars. Dit is voornamelijk 's avonds goed te zien: dan liggen er regelmatig matrassen en slaapzakken op straat, als de mensen daar al het geld voor hebben. Het verzamelen van statiegeldflesjes en -blikjes is een veel gebruikte manier om toch aan geld te komen. Daar tegenover staat weer de grote hoeveelheid dure auto's die in Hamburg rond rijdt. Ook zijn de huizenprijzen in het centrum vrij hoog. Een opvallend stadsdeel is *Blankenese*: dit aan de Elbe gelegen stadsdeel staat vol met luxe villa's. Mede door het aanzienlijke hoogteverschil in dit stadsdeel levert dit een fraai aanzicht op vanaf de Elbe (figuur 2).



Figure 2: Aanzicht Blankenese vanaf de Elbe ^[2]

1.2 Altes Land

Tijdens mijn stage heb ik in *Jork* gewoond: een kleine gemeente grenzend aan Hamburg, maar gelegen in de deelstaat *Niedersachsen*. De regio waarin Jork zich bevindt, wordt ook wel *Altes Land* genoemd en is bekend vanwege fruitteelt: op ruim 10.000 hectare grond worden onder andere appels, peren en kersen verbouwd. De geschiedenis van fruitteelt in deze regio gaat ver terug in de tijd, maar is in de tweede helft van de 19^e eeuw enorm gegroeid. De rijkdom die hiermee



Figure 3: Een typische boerderij in het Alte Land ^[3]

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

gepaard ging is hedendaags nog erg goed terug te zien: overal zijn grote statige boerderijen in een typische *Altländer* stijl (zie figuur 3).

1.3 Taal en tradities

In de regio van Hamburg en Altes land wordt tegenwoordig *Hochdeutsch* gesproken, maar er zijn in de landelijke gebieden nog veel mensen die *Plattdeutsch* spreken. Deze taal is erg verwant met het Fries en plat-Nederlands, waardoor het over het algemeen meer op Nederlands dan op Duits lijkt.

In Duitsland kennen ze over het algemeen dezelfde feestdagen en gewoontes als in Nederland, maar worden de traditionele aspecten wat strikter nageleefd. Zo horen cadeautjes bij Kerst, net zoals paaseieren bij Pasen. Het niet vieren van je verjaardag is vrijwel onmogelijk, evenals het van te voren vieren hiervan: dit brengt ongeluk. Tijdens mijn verblijf hadden de ouders van mijn gastfamilie een *Petersilienhochzeit*: tijdens dit 12,5 jarig jubileum zorgt het getrouwde stel voor de peterselie, terwijl de burens en familie of vrienden de hapjes en drankjes voor het feest verzorgen.



Figure 4: Een 'Grot Dor' in Altes Land ^[3]

Sommige boerderijen in de omgeving hebben een zogenaamde *Grot Dor*: een grote poort voor het huis als teken van rijkdom, stammend uit de 19^e eeuw. Voor deze poorten gelden strikte regels: je mag normaal gesproken alleen door de grote poort. Door de kleine poort mag je alleen 'naar binnen' op het moment dat je trouwt, terwijl je alleen in je kist 'naar buiten' mag.

2. Daimler AG

2.1 Geschiedenis en algemeen

De geschiedenis van het hedendaagse Daimler AG begint bij de stichting van de firma *Benz & Cie* in 1883. Deze firma richtte zich op het produceren van driewielige automobielen met een verbrandingsmotor. Omdat in de jaren '20 alle autofabrikanten op het randje van een faillissement stonden, was een fusie met *Daimler-Motoren-Gesellschaft* onvermijdelijk. Hierdoor ontstond in 1926 *Daimler-Benz AG*, een firma die in 1932 met haar 9148 medewerkers de op twee na grootste autofabrikant van Duitsland was.

Het bedrijf had door de Tweede Wereldoorlog veel schade opgelopen: veel gebouwen zijn vernietigd door de geallieerde troepen. Na de oorlog is het bedrijf flink gegroeid en heeft het een naam kunnen opbouwen als het gaat om de betrouwbaarheid en veiligheid van voertuigen. Zo kwam het bedrijf onder andere met de patenten voor de veiligheidskooi (1951), airbag (1981) en gordelspanner (1981).

In 1998 fuseerde Daimler met *Chrysler* tot *DaimlerChrysler AG*. Deze fusie leverde flinke imagoschade op, doordat er flink werd bezuinigd en de voertuigen last hadden van kwaliteitsproblemen. Na de verkoop van Chrysler in 2007 werd de naam veranderd in het huidige Daimler AG. De leidersrol van Daimler binnen de automobiellindustrie is hierna slechts gedeeltelijk teruggewonnen.

Op het moment telt het bedrijf, met haar hoofdvesting in Stuttgart, wereldwijd meer dan 275 duizend werknemers. Daimler heeft naast diverse fabrieken in Duitsland ook fabrieken in Frankrijk, Spanje, Hongarije, Turkije, China, India, Indonesië, Vietnam, Japan, Canada, Verenigde Staten, Mexico, Brazilië, Argentinië, Zuid-Afrika en Egypte. Hier worden naast personenauto's ook trucks en bussen geproduceerd.

In 2013 behaalde het bedrijf een omzet van bijna 118 miljard euro. Hiervan komt het grootste gedeelte uit de productie van personenvoertuigen. De bekendste merken van personenvoertuigen die onder Daimler vallen zijn Mercedes-Benz en Smart. Mercedes-Benz behaalde in 2013 een marktaandeel van 9,4% op de Duitse markt.

2.2 Mercedes Benz Werk Hamburg

Geschiedenis

Het Werk Hamburg stamt uit 1935 en is gesticht als een fabriek van Vidal & Sohn Tempo. Door een overname kwam de fabriek in 1969 in het bezit van Hanomag-Henschel, waarna het in 1978 volledig in het bezit kwam van Daimler. In 1993 kreeg het Werk Hamburg zijn eigen ontwikkelingsafdeling om hiermee zelf complexe onderdelen te ontwikkelen die op eigen locatie geproduceerd konden worden. In 2011 is een productiehal van 10.000 m² gebouwd, waarin *leichtbau*-onderdelen worden geproduceerd. Naast de vooruitstrevende ontwikkelingen van *leichtbau*-onderdelen staat het Werk Hamburg ook bekend vanwege de innovatieve toepassingen van IHU-omvormen (Innen-Hochdruck-Umvormen): een techniek waarbij holle componenten door hoge druk kunnen worden omgevormd tot complexe geometrieën. Eind 2013 telde de locatie Hamburg zo'n 2.800 werknemers.

Activiteiten

Binnen Mercedes-Benz Hamburg alleen specifieke onderdelen geproduceerd en geassembleerd: er rollen geen complete voertuigen van de lopende band. De in Hamburg geproduceerde onderdelen

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

worden hier ook ontwikkeld en getest. Daarnaast worden er ook onderdelen ontwikkeld en getest die elders worden geproduceerd. Sinds 2013 hebben er intensieve voorbereidingen plaatsgevonden voor de nieuwe C-Klasse (*Baureihe 205*), die in februari 2014 officieel in serieproductie genomen is.

Afdelingen

De in Hamburg geproduceerde onderdelen kunnen worden onderverdeeld in vier groepen. Iedere ‘groep’ onderdelen heeft zijn eigen ontwikkelingsafdeling, inclusief testafdeling waar de onderdelen kunnen worden getest. De benaming van iedere afdeling begint met *EPP* gevolgd door een letter die de onderdeelgroep benoemt. *EPP* staat voor *Entwicklung Produkte und Projekte*.

In het kort de vier verschillende afdelingen met hun bijbehorende onderdelen:

Table 1: Afdelingen en bijbehorende onderdelen

Afdeling	Onderdelen
EPP-A (Achsen / Abgastechnik)	Assen, spuitstukken
EPP-B (Bedienelemente)	Pedalen, schakelpook, schakelaars
EPP-L (Lenksäule)	Stuurkolom, mechanisch/elektrisch
EPP-S (Systeemelemente)	Cockpitquerträger, Frontendträger,

Bedrijfscultuur

Hiërarchie

Binnen het Werk Hamburg is een duidelijk hiërarchische structuur: iedere ontwikkelingsafdeling heeft een teamleider, die binnen de afdeling betrokken is en veel contact heeft met zijn werknemers. Boven de teamleiders van de ontwikkelingsafdelingen staat het hoofd van ontwikkeling: hiermee hebben de werknemers normaal gesproken weinig tot niets van doen. Hierboven staat dan weer het hoofd van het Werk Hamburg. Het met ‘Sie’ aanspreken van onbekenden en meerderen is wel gebruikelijk, maar bij bekenden en directe collega’s wordt ‘gedutst’.

Sfeer

Binnen het Werk Hamburg heerst een behoorlijk gemoedelijke ‘ons-kent-ons’ sfeer. De productie ondersteunende afdeling (hieronder valt de ontwikkelingsafdeling) is relatief klein met 268 werknemers: doordat de verschillende afdelingen onderling veel samenwerken, kennen de werknemers elkaar redelijk goed. Ook hebben veel werknemers voorheen op een andere afdeling gewerkt, waardoor een flink netwerk van contacten voorhanden is. Zo heeft een *Versuchsmechaniker* altijd in de productie gewerkt, voordat hij op de testafdeling terecht komt.

35 uur contract

De meeste medewerkers hebben een 35 uur contract, iets wat vrij gebruikelijk is in Duitsland. Hierdoor kan aan veel mensen werk worden geboden. Pas wanneer veelvuldig blijkt dat een 35 uur contract niet toereikend is voor de werkzaamheden die iemand uitvoert, kan het zijn dat er een 40 uur contract aangeboden wordt. Deze contracten zijn over het algemeen felbegeerd: de 5 uur extra per week betekent toch al gauw een paar honderd euro per maand extra, wat wordt gezien als het bedrag waar je nét weer de extraatjes mee kunt doen. Vaak is ook goed te zien dat iemand met een dergelijk contract nog harder en nog meer werkt, om duidelijk te laten zien dat een 35 uur contract toch echt niet toereikend is.

Werktijden

Voor de productie zijn er vaste werktijden: iedere dag bestaat uit drie *shifts* van 8 uur, waarbij de dagdienst begint om 6 uur 's morgens. Voor de ontwikkelingsafdelingen is de begintijd wat soepeler: vanaf 6 uur kun je beginnen. In de praktijk beginnen de werknemers in de *Prüffelde* (de testafdelingen) tussen 6 uur en half 8, terwijl ze op kantoor ook nog wel eens een uurtje later beginnen.

Het inklokken gebeurt met een pasje, waardoor de exacte tijd is vastgelegd. De pauzetime begint 6 uur na het inklokken en duurt 45 minuten, waarna de werktijd weer door begint te lopen. Beginnen om 7 uur, zoals ik zelf altijd deed, houdt in dat je om 14.45 uur vrij bent. Langer werken is ook geen probleem: hiermee bouw je overuren op, waarmee je op een andere dag eerder naar huis kunt gaan. Ook kun je, als je meer overuren hebt opgebouwd, in overleg met de teamleider een dag vrij nemen.

Wat heel strikt wordt gehandhaafd is de maximale arbeidstijd van 10 uur: die tijd mag met geen minuut overschreden worden, omdat de werknemer hierdoor niet meer verzekerd is tijdens het werk. Ook op weg naar huis ben je, in geval van een ongeval, niet meer verzekerd, als men erachter komt dat je te lang hebt gewerkt. De teamleider kan, wanneer het vaker voorkomt dat werknemers te lang werken, een boete of zelfs in extreme gevallen een gevangenisstraf krijgen.

Gebruiken

In Mercedes-Benz Werk Hamburg zijn er een aantal gewoontes die duidelijk opvallen. Een aantal hebben te maken met de (Noord-)Duitse cultuur, sommige zijn ook bedrijfsafhankelijk.

Zo is het gebruikelijk om iedere bekende collega een hand te geven, iedere dag weer. Ook als je bij een andere afdeling over de vloer komt is dit het geval. Zo schud je per dag tientallen handen: erg fijn als er iemand ziek is.

's Ochtends is het gebruikelijk om in het bedrijf te ontbijten: mensen nemen ontbijt mee of halen in de kantine iets te eten. Hiervoor is 15 minuten van de 45 minuten pauze gereserveerd. Voor de middagpauze blijft 30 minuten over, waarbij de meeste mensen in de kantine een warme maaltijd eten.

Binnen iedere afdeling is er wekelijks een *Würstchenrunde*: hierbij wordt worst met brood gegeten als ontbijt. Voor mijn afdeling is er op woensdagochtend altijd een paardenworst-ronde in het Prüffeld en bovendien op vrijdag nog een normale worst-ronde op kantoor. Daarnaast is het gebruikelijk om minstens één keer per week *Kuchen* te eten.

Regels en veiligheid

Binnen Mercedes zijn veel regels opgesteld om te zorgen dat de kans op een arbeidsongeval zo klein mogelijk is. Zo is het dragen van veiligheidsschoenen verplicht voor de meeste gebouwen en mag je zonder reflecterend hesje bepaalde laadzones niet betreden. Ruimtes en machines zijn, indien van toepassing, voorzien van stickers die omschrijven welke veiligheidsmaatregelen getroffen dienen te worden. Strikt genomen is iedere werknemer verplicht deze aanwijzingen op te volgen. Iedere werknemer of stageloper krijgt voor de afdelingen waarin hij of zij werkzaam is een veiligheidsinstructie: hierin wordt uitgebreid ingegaan op de mogelijke gevaren die er zijn. Dit vindt plaats naast de algemene veiligheidsinstructie, die verplicht is voor iedereen.

Mocht er tijdens het werk toch een verwonding ontstaan, hoe klein dan ook, dan is het verplicht dit binnen 24 uur te melden. De verwonding wordt dan behandeld en er wordt direct gekeken hoe dit in de toekomst voorkomen kan worden. Zo is het gebruik van *sleeves* verplicht, wanneer je met korte mouwen onderdelen aan het bewerken bent of een testopstelling aan het opbouwen bent.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

2.3 Afdeling EPP-S

Activiteiten

De afdeling EPP-S is verantwoordelijk voor de *Systeemelemente*, een verzamelnaam voor een aantal onderdelen die een belangrijke constructieve functie hebben in de voertuigen. Vanwege deze belangrijke constructieve functie worden deze onderdelen zeer uitgebreid getest onder allerlei omstandigheden, om de veiligheid en functionaliteit te waarborgen.

Algemeen bestaat de afdeling EPP-S uit een ontwerpafdeling en een testafdeling (*Prüffeld*). Op de ontwerpafdeling zijn de *Konstrukteure* werkzaam en daar worden de onderdelen ontworpen en worden eindige-elementensimulaties uitgevoerd. Bij de testafdeling zijn de *Versuchingenieure* werkzaam: zij bepalen hoe de onderdelen getest dienen te worden en interpreteren de testresultaten. Dit wordt dan weer teruggekoppeld naar de constructeurs. Daarnaast zijn er nog de *Versuchsmechanikers* die testopstellingen opbouwen en de test uitvoeren.

De complete ontwikkelingsafdeling richt zich op het ontwerpen, ontwikkelen en optimaliseren van onderdelen en het bijbehorende productieproces. Zij is dan ook nauw verbonden bij het opzetten van de productielijn. In de testafdeling worden dan de prototypes getest, waarvan de testresultaten worden teruggekoppeld aan de ontwerpafdeling.

Wanneer de serieproductie eenmaal is opgezet, worden er door de afdeling *EPP-S*, indien nodig, nog aanpassingen aan de onderdelen of het productieproces doorgevoerd. Na iedere wijziging, hoe klein ook, wordt uitgebreid getest of dit invloeden heeft. Ook in het geval van opvalligheden in de productie vindt er direct een terugkoppeling naar de ontwerpafdeling en testafdeling plaats. Ten slotte worden steekproefsgewijs onderdelen uit de serieproductie gehaald en getest, om te kijken of ze nog steeds aan de eisen voldoen.

Onderdelen en Baureihen

Binnen de afdeling EPP-S worden meerdere onderdelen ontworpen en getest. Van deze onderdelen binnen EPP-S zal ik mij richten op de zogenaamde *Cockpitquerträger (CQT)*: het onderdeel dat de stuurkolom en het dashboard draagt in het voertuig.

De *Baureihen* (types) die voornamelijk worden getest binnen EPP-S zijn de Baureihen waarvan de onderdelen binnen het Werk Hamburg worden geproduceerd. Voor de CQT zijn dit de volgende Baureihen:

- BR 176, de huidige A-Klasse, sinds juli 2012
- BR 246, de huidige B-Klasse, sinds september 2011
- BR 205, de nieuwe C-Klasse, productie gestart in februari 2014
- BR 213, de nieuwe E-Klasse, productiedatum nog niet bekend

In Bijlage 1 is van bovengenoemde types, indien beschikbaar, een afbeelding.

Daarnaast worden ook onderdelen van andere Baureihen getest, geleverd door een andere locatie. Voornamelijk zijn dit onderdelen van BR217 (CL-Klasse) en BR-222 (S-Klasse).

Prüffeld

Het Prüffeld is de ruimte waar de daadwerkelijke testen plaatsvinden. De ruimte beslaat 576 m² en het Prüffeld is voorzien van een werkplaats om zelf testopstellingen te kunnen maken of aanpassen. De machines om de onderdelen te testen zijn algemeen opgebouwd en hierdoor breed inzetbaar: de machines zijn in staat om diverse testen uit te voeren. Om een onderdeel te testen is de juiste

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

testopstelling nodig. Deze testopstelling bestaat uit een prisma (een aluminium frame uit ITEM profielen) en adapters om bijvoorbeeld een CQT te verbinden met het prisma.

In het Prüffeld zijn vier vaste medewerkers actief. Hoewel ze in principe met elke test uit de voeten kunnen, heeft elke medewerker zijn eigen vakgebied en bijbehorende werkzaamheden.

Machines en meetmiddelen

In Bijlage 2 is een overzicht van de layout van het Prüffeld te vinden. Hieronder volgt een korte omschrijving een aantal ruimtes en machines:

- Fotolaboratorium: voorzien van een fototafel en diverse lichtbronnen om onderdelen voor en na het testen te kunnen fotograferen.
- Prüfstand 81/82/101: machines voorzien van een hydraulische cilinder die in staat is een statische kracht van 5 kN te leveren. Dynamisch is een kracht van 500 N mogelijk bij een frequentie van 3 Hz. Prüfstand 101 is verplaatsbaar en kan in een *Klimakammer* worden geplaatst, om zo diverse testen uit te voeren bij een bepaalde temperatuur en/of luchtvochtigheid.
- Zwick 105/106: twee Zwick/Roell machines voor (quasi-)statische druk- en trekproeven tot 100 kN.
- Klimakammer, 2 stuks: temperatuur instelbaar van -60 tot 130 graden Celcius, relatieve vochtigheid instelbaar van 0% tot 98%.
- Fallturm (externe ruimte): een valtoeren om impactbelasting te kunnen testen. De valtoeren heeft een maximale valhoogte van 5 m en heeft een maximale massa van 50 kg. Een *high speed camera* met een framerate van 2500 fps wordt gebruikt om in detail de vervormingen te bekijken.
- Schraublabor: laboratorium met diverse mogelijkheden om schroefverbindingen te testen. Voorzien van onder andere een schroefspindel op statief, die in staat is schroefverbindingen van 1.2 tot 500 Nm te analyseren: bij een volledig instelbaar schroefprogramma worden de Schraubkurven (het moment als functie van de hoek) opgeslagen. Ook losse digitale momentsleutels met deze mogelijkheid zijn hier aanwezig.

3. Cockpitquerträger 205

De Cockpitquerträger is het onderdeel in de auto dat de stuurkolom en het dashboard draagt. Zoals al aangegeven, zal ik mij voornamelijk richten op de Cockpitquerträger van de nieuwe C-Klasse (Baureihe 205, ook wel afgekort CQT205). In figuur 5 is de CQT205 te zien inclusief de positie in het voertuig. In Bijlage 1 is tevens een afbeelding van het interieur en de cockpit beschikbaar. Naast het feit dat de stuurkolom eraan bevestigd is, is voldoende stijfheid en sterkte van de CQT ook nodig in geval van een crash. Bij zowel een frontale als zijwaarts impact is de CQT een onderdeel dat veel energie moet opnemen. Tevens is de CQT het dragende onderdeel van het complete dashboard.

Kort omschreven is de CQT een buisprofiel waaraan de stuurkolom bevestigd wordt. Het onderdeel is links en rechts met de *A-Säule* verbonden. Tevens is er een verbinding in het midden met het chassis.

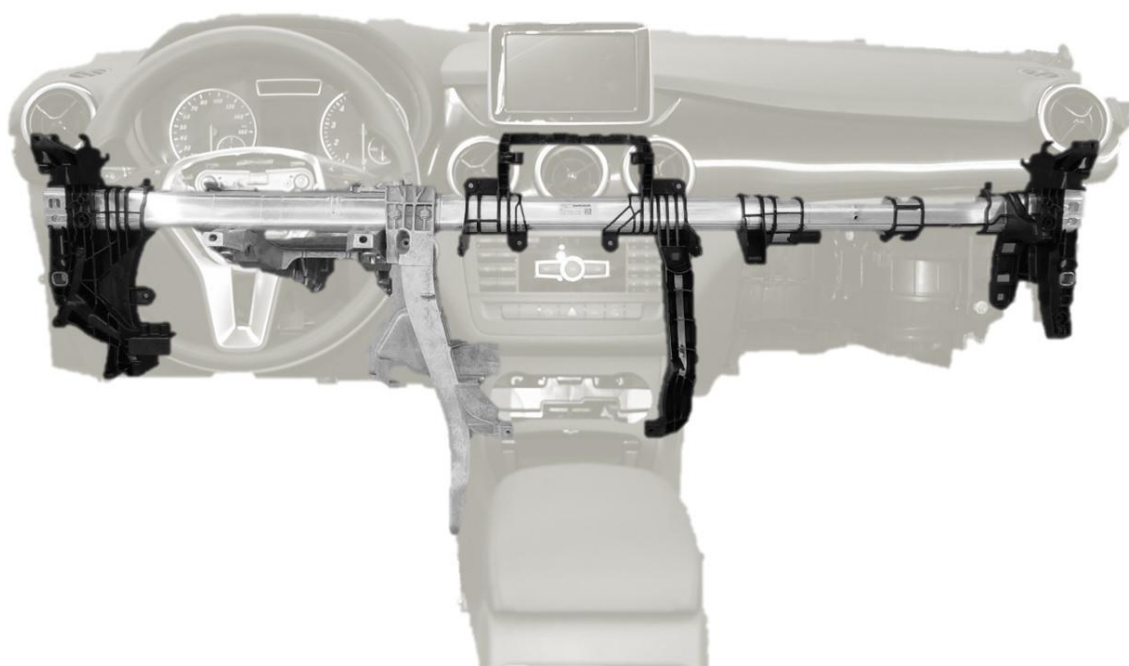


Figure 5: Positie van de CQT in het voertuig

3.1 Geschiedenis

Traditioneel gezien is de CQT altijd een stalen onderdeel geweest, tot aan Baureihe 203 aan toe (C-klasse van twee generaties terug, geproduceerd tot oktober 2007). De keuze voor het nemen van staal was simpel: een hoge stijfheid en bij plastische vervorming in staat om veel energie te absorberen. Dat dit tijdens een crash erg belangrijk is moge duidelijk zijn. Echter, voor het creëren van een degelijk 'gevoel' tijdens het rijden is het erg belangrijk dat de elementen van het dashboard niet merkbaar trillen of geluiden maken: hierin vervult de CQT ook een zeer belangrijke functie door een stijve verbinding te creëren met het dashboard en haar onderdelen. Het gebruik van staal maakte de productie ook relatief simpel: losse componenten konden eenvoudig aan elkaar worden gelast.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Een kanttekening van deze stalen CQT is natuurlijk het gewicht. De 203 is met zijn leeggewicht van 1465 tot 1705 kg (afhankelijk van de uitvoering) niet bepaald een lichtgewicht te noemen. Voor de 204 werd dan ook de overstap naar aluminium gemaakt. Aluminium mag dan wel een lagere stijfheid dan staal hebben, de dichtheid is ook ruwweg 65% minder. Deze aluminium CQT kon in de productie ook worden gelast, waardoor de opbouw ook hier weer uit losse elementen bestaat.

Naast het verlagen van het gewicht is het integreren van functionaliteit één van de speerpunten geweest voor het ontwerpen van de CQT205. De opbouw van de voorgaande CQT's is, door het gebruik van traditionele materialen, relatief eenvoudig: hierdoor zijn weinig extra functies toe te voegen aan het ontwerp. Het gebruik van kunststof verhoogt de vormvrijheid, waardoor het concept van een *polymeer-metaal-hybride* CQT ontstaan is. In dit concept komt het erop neer dat de componenten die (al dan niet bij een crash) relatief zwaar worden belast van een metaal worden gemaakt (aluminium of magnesium), terwijl de componenten voor het integreren van de functionaliteit van kunststof worden gemaakt.

Het gebruik maken van kunststof en metaal levert uiteraard een aantal uitdagingen op. Eén hiervan is de verbinding tussen het kunststof en het metaal: uit zichzelf is deze hechting onvoldoende, zeker wanneer hier nog externe krachten op komen te werken. Bij de CQT205 kan de verbinding tussen kunststof en metaal vereenvoudigd worden weergegeven door een aluminium buis die door kunststof 'ringen' omsloten wordt.

In het begin is veel geëxperimenteerd met chemische behandeling. Deze behandeling leverde weliswaar een goede verbinding tussen het kunststof en het metaal, maar was erg duur in productie. Bovendien vereiste het gebruik erg strakke veiligheidsmaatregelen en was het tamelijk milieubelastend. Daarna is een bepaalde coating gebruikt die het milieu minder belast en gemakkelijker is in het gebruik. De kosten hiervan waren iets lager, maar nog steeds aanzienlijk: het proces was nog tijdrovend.

In plaats van een chemische verbinding is toen gekeken naar een mechanische verbinding. Door in de langsrichting van de buis op vier locaties 'geultjes' te vormen waar het kunststof in kan vloeien, wordt een mechanische verbinding gecreëerd. Deze geultjes, ook wel *Längsrändelung* genoemd, werden tevens nog voorzien van een dwarsgeultjes: de *Querrändelung*. Hier wordt later nog verder op ingegaan.

3.2 Ontwerp

De CQT205 is een tamelijk complex onderdeel, waarin verschillende onderdelen te herkennen zijn. Veel componenten hebben de functie om de stuurkolom en het dashboard te ondersteunen. Daarnaast zijn nog een aantal andere onderdelen of functies zichtbaar. In figuur 6 zijn twee aanzichten met gemarkeerde onderdelen. Deze onderdelen worden in tabel 2 toegelicht.

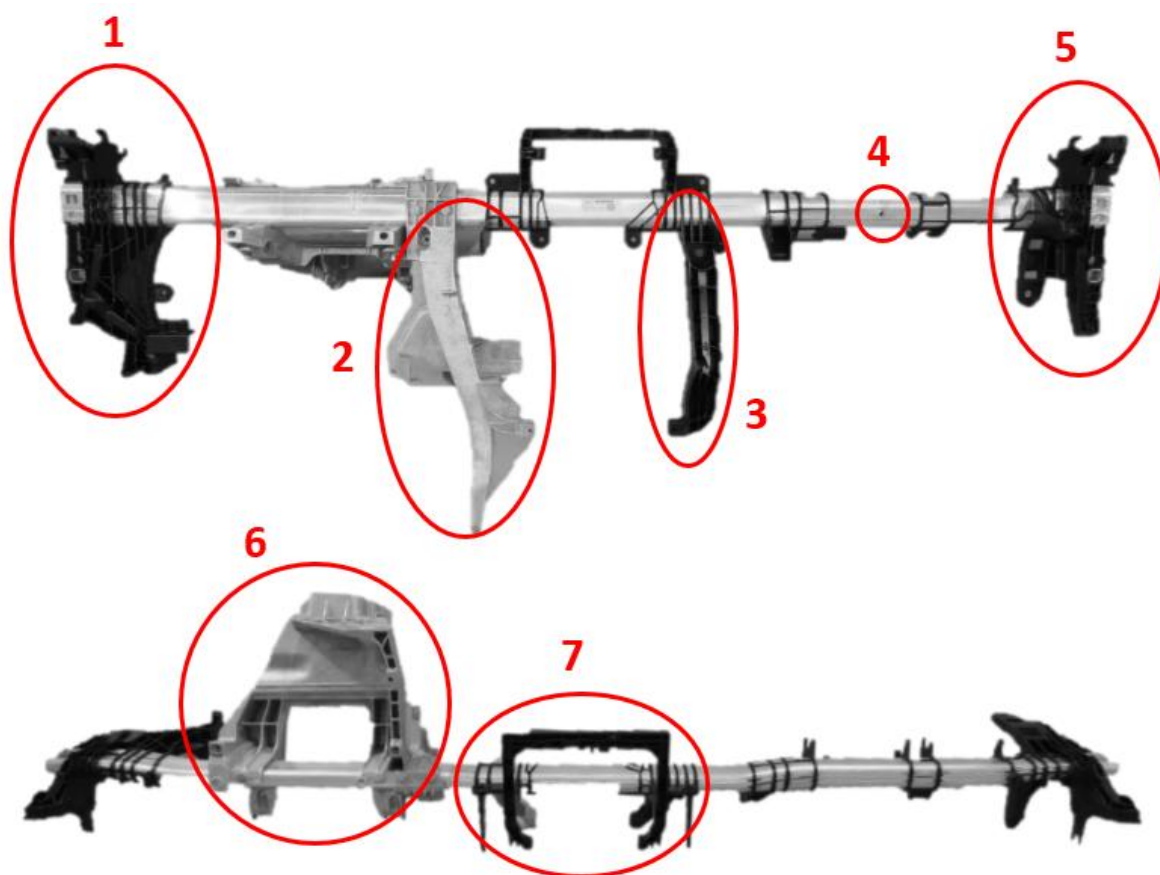


Figure 6: Voor- en bovenaanzicht CQT 205

Table 2: Componenten en functies van de CQT205

Nummer	Omschrijving
1	Verbinding met de A-Säule Links. Deze verbinding is op twee punten: zowel het aluminium als het kunststof (met een metalen insert). Ook wordt hier één kant van de knie-airbag voor de bestuurder bevestigd.
2	De magnesium <i>Tunnelstrebe</i> : de verbinding tussen het buisprofiel en het chassis. Tevens een belangrijk onderdeel voor de middenconsole en het bevestigen van de andere zijde van de knie-airbag.
3	De kunststof <i>Tunnelstrebe</i> : nog een extra verbinding voor de middenconsole.
4	Schroefpunt voor de bijrijdersairbag.
5	Verbinding met de A-Säule Rechts. Ook hier weer een verbinding met het aluminium en kunststof (via een metalen insert). Het handschoenenkastje wordt gedeeltelijk hieraan bevestigd.
6	De magnesium Lenkingskonsole: de verbinding tussen de stuurkolom en het buisprofiel. Tevens is hier een verbinding met de Stirnwand: een stijf onderdeel van de carrosserie. Ook zijn hier verschillende schroefpunten voor het dashboard aanwezig.
7	Schroefpunten voor het Head-up display en het dashboard.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

3.3 Productie en montage

De productie van de CQT205 vindt grotendeels in het Werk Hamburg plaats. Van alle processtappen volgt een korte omschrijving:

- Extrusie van het aluminium buisprofiel. De dwarsdoorsnede van het buisprofiel is niet rond en de wanddikte is niet overal gelijk: bij de plekken van de Längsrändelung is lokaal een iets grotere wanddikte. Deze Längsrändelung wordt direct bij het extrusieproces gevormd.
- Aanbrengen van de Querrändelung. In een aparte stap wordt de langsrändelung gerold. Hierdoor is de geometrie van de Querrändelung eerder V-vorming in plaats van U-vorming bij de Längsrändelung.
- Voorvormen van de aluminium buisprofielen. Zoals in figuur 6 zichtbaar is, is het buisprofiel niet volledig recht. Om te zorgen dat het buisprofiel later in de matrijs past, wordt het van te voren voorgevormd. Ook wordt er in deze processtap een extra buisprofiel om het gedeelte van de Lenkungskonsole/Tunnelstrebe geschoven en door het voorvormen 'vastgedrukt': hierdoor is de wanddikte lokaal aanzienlijk dikker. Het ontbreken van de Rändelung is hier geen probleem: in dit gedeelte is geen verbinding met het kunststof.
Nu zijn de buisprofielen klaar om in Hamburg verder te worden verwerkt.
- De voorgevormde aluminium profielen worden nu met een robotarm per twee in de matrijs gepositioneerd. Nadat de matrijs gesloten is, wordt de buis van binnen gevuld met een vloeistof. De druk wordt opgevoerd tot 800 bar, waardoor het buisprofiel zich tegen de matrijswand drukt: hiermee is de uiteindelijke vorm gedefinieerd. Dit proces wordt *Innenhochdruckumformen* genoemd.
- Terwijl de hydrostatische druk in het buisprofiel nog aanwezig is, wordt door de 2700 tons spuitgietmachine het buisprofiel omspoten met een glasvezelversterkte Polyamide kunststof.
- Na enkele seconden afkoelen worden CQT's door de robot uit de matrijs gehaald en worden de uiteinden van het buisprofiel d.m.v. een laser getrimd en voorzien van *endcaps*. Ook wordt er een label geplakt waarin het serienummer en werktuig gespecificeerd zijn.
- Ten slotte kunnen de Tunnelstrebe en Lenkungskonsole worden gemonteerd: een robot schroeft de magnesium delen met *Flieslochformschrauben* direct vast in het aluminium buisprofiel.

Nu is de CQT helemaal klaar om te worden vervoerd naar Bremen, waar de montage plaatsvindt. Het monteren van de CQT en het bevestigen van de andere voertuigonderdelen gebeurt d.m.v. bouten en schroeven: hierdoor blijft alles demonteerbaar.

De volgende bout- en schroefverbindingen zijn onderdeel van de montage van de CQT:

- *Flieslochformverschraubung*: montage van de Tunnelstrebe en Lenkungskonsole, zoals hierboven bij de productiestappen omschreven is. Bij deze techniek wordt een stalen bout in aluminium geboord, zonder dat er van de voren schroefdraad of zelfs een gat aanwezig is: door de wrijving begint het aluminium te vloeien, waardoor de schroef zijn eigen gat boort en schroefdraad vormt. Het afkoelen van het aluminium levert vervolgens een goede vormsluiting om de schroef.
- *Metrische Verschraubung*: het vastbouten d.m.v. 'normale' metrische bouten. Deze verbinding is te vinden bij de A-Säulen en onderaan de Tunnelstrebe. Ook de verbinding van de Lenkungskonsole met de Stirnwand en Lenkungssäule bestaat uit een metrische Verschraubung.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

- *Magnesium Direktverschraubung*: het vast schroeven in magnesium zonder dat er van te voren een schroefdraad aanwezig is. De schroeven vormen zelf het schroefdraad in de aanwezige *Schraubtube*.
- *Kunststofdirektverschraubung*: hetzelfde principe als voor magnesium, nu echter in kunststof.
- *Aluminiumdirektverschraubung*: ook weer hetzelfde principe, nu in het dunwandige aluminiumbuisprofiel. Hiervoor zijn schroeven met een zeer fijne schroefdraad nodig.

3.4 Testen

Tijdens de ontwikkeling is de testafdeling nauw betrokken bij het ontwikkelingsproces. De eerste prototypen worden uitvoerig getest en de resultaten worden teruggekoppeld naar de ontwerpafdeling. Binnen de diverse testen voor de CQT zijn drie hoofdgroepen te herkennen: de onderdeeltesten, de cockpittesten en de voertuigtesten. Hierin zit ook een oplopend kostenplaatje: het testen van een compleet voertuig is uiteraard vele malen duurder dan het testen van een los onderdeel. Hierdoor is het van belang dat, voordat er een cockpit- en voertuigtest plaatsvindt, de CQT uitvoerig 'los' getest wordt.

Voordat er verder op de testen wordt ingegaan, volgt eerst de gebruikte definitie van het assenstelsel binnen de automobiellindustrie. De oorsprong is gedefinieerd in de voorste as, precies in het midden van het voertuig. De positieve X-richting wijst naar achteren; de positieve Y-richting wijst richting de bijrijder en de positieve Z-richting wijst naar boven. In Figuur 7 wordt dit grafisch weergegeven.

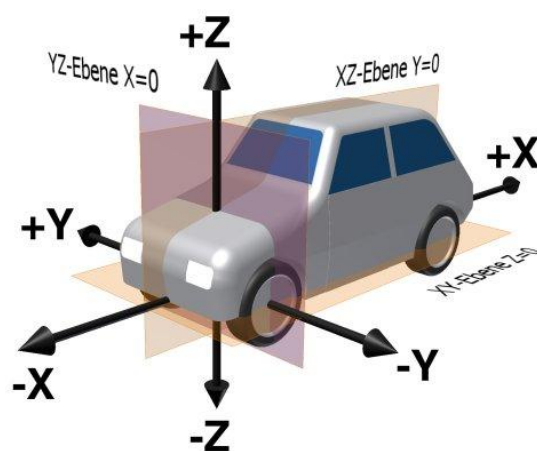


Figure 7: Coördinatensysteem in de automobiellindustrie [4]

Komponenterprobung

Het testen van de losse CQT's is iets wat in Hamburg plaatsvindt: hier wordt de CQT205 geproduceerd en hierdoor is de 'verbinding' tussen de productie en ontwikkelingsafdeling kort: de onderdelen hoeven niet te worden opgestuurd.

Door de vele jaren ervaring binnen de automobiellindustrie is ruwweg bekend hoeveel een CQT mag vervormen bij een bepaalde test, zodat de functie en veiligheid gewaarborgd is voor het voertuig. Voor iedere wijziging aan de CQT, hoe klein ook, is het belangrijk, dat alle relevante testen opnieuw worden uitgevoerd. Voorbeelden van wijzigingen kunnen zijn: het gebruiken van andere schroeven of een andere legering. Ook aanpassingen aan machines, zoals bijvoorbeeld de spuitgietmachine, zijn van belang en vereisen nieuwe testen.

Voor de CQT staan de testen rondom de stuurkolom centraal. Echter, zijn er nog veel meer testen die de CQT succesvol moet doorstaan. Voor de Komponenterprobung zijn onder andere de volgende testen op te noemen:

- Quasi-Statistische Belastung
 - o Mantelrichttest: bij de mantelrichttest wordt een belasting op het stuur gesimuleerd in XZ richting: het drukken en trekken aan het stuur. Deze test is een

Misbrauchversuch, waarbij de belasting dusdanig hoog is dat een blijvende vervorming wordt 'uitgelokt'.

- Abstützkräfte Y-Richtung: ook weer een belasting op het stuur, nu een zijwaartse belasting. Ook deze test wordt in beide richtingen uitgevoerd.
- Torsionprüfung: torsiebelasting op het stuur. Simulatie van het 'doordraaien' van het stuur, terwijl de maximale uitslag al bereikt is.
- Statisch Versagen Kunststoffgeometrie/Verbundhaftung: het testen van de verbinding tussen het kunststof ('ringen') en het aluminium buisprofiel. Dit gebeurt met segmenten van de CQT.
- Dynamische Belastung
 - Taxi Driver: ook weer een belasting op het stuur. Dit keer een dynamische belasting in XZ-richting, waarbij gesimuleerd wordt hoe een taxichauffeur in- en uitstapt door aan zijn stuur te duwen respectievelijk te trekken.
- Crashersatzlastfälle
 - Tunnelstebezug: het trekken aan de Tunnelstrebe met een aanzienlijke belasting. Hierbij zijn vervormingen duidelijk waar te nemen. Deze test geeft een goede indruk van het gedrag bij een frontale crash.
 - Drückprüfung Quersteifigkeit: het zijwaarts (Y-richting) indrukken van het aluminium buisprofiel tot aanzienlijke vervormingen. Hiermee wordt het gedrag bij een zijwaartse crash gesimuleerd.
- Umweltprüfungen:
 - Klima-Einlagerung: het gedrag van de CQT bekijken tijdens en na het onderwerpen aan wisselende temperaturen en vochtigheden. Dit gebeurt bij zowel -40 graden Celsius, omgevingstemperatuur en +80 graden Celsius.
 - VDA Test: een corrosietest waarbij onderdelen bij verschillende afwisselende temperaturen en vochtigheden worden getest mét invloed van zouten. Hierbij wordt corrosie getriggerd.
- Eigenfrequenzmessungen: het meten van de eigenfrequentie van een CQT. Van belang is dat de eerste eigenfrequenties boven bepaalde waarden liggen. Hiermee worden hinderlijke resonanties bij bijvoorbeeld het stationair draaien van de motor voorkomen.
- Schraubfallanalyse: bij de CQT205 worden veel onderdelen geschroefd of gebout. Van een metrische boutverbinding is veel bekend, maar van een Flieslochformverschraubung en een Direktverschraubung een stuk minder. Voor deze typen schroefverbindingen worden dan ook uitvoerig testen uitgevoerd, waaronder:
 - Maximale Drehmoment: het bepalen van het maximale moment waarmee een schroefverbinding vastgezet kan worden. Bij een bepaald moment breekt de schroef of wordt het schroefdraad uit het 'gat' getrokken. Doorgaans wordt voor montage 70% à 80% van dit moment aangehouden.
 - Lösemoment: het bepalen van het benodigde moment om een schroefverbinding weer los te draaien. Door het optreden van relaxatie in het materiaal (voornamelijk bij Kunststoffdirektverschraubung) neemt het losdraaimoment af als functie van de tijd.
 - Weiterdrehmoment: een variant op het bepalen van het losdraaimoment.
 - Wiederholverschraubung: het bepalen van de maximale momenten, losdraai- en doordraaimomenten, nadat een verbinding meerdere keren vast- en losgedraaid is. Door het gebruik van een zacht materiaal (kunststof, magnesium of aluminium) in

combinatie met een stalen schroef, nemen al deze momenten af, naarmate een verbinding vaker vastgeschroefd wordt.

- Reparaturlösung: het simuleren van een reparatie van een schroefpunt. Wanneer bij een dealer iets gerepareerd/gedemonteerd wordt en een schroefpunt kapot is, moet het te repareren zijn zodat niet een complete CQT moet worden vervangen (en dus ook dient te worden uitgebouwd). Hiervoor kan bijvoorbeeld een grotere schroef worden gebruikt of een metalen *insert*.

Cockpiterprobung

Een tussenstap is om een complete cockpit te testen: hiermee kunnen invloeden op dashboard- en stuurkolomelementen worden getest, maar het brengt niet de extreem hoge kosten van een compleet voertuig met zich mee. Testen die o.a. worden uitgevoerd in een cockpitsimulatie zijn:

- Heidedauerlauf shaker: dit is een simulatie van het rijden op een zeer hobbelig terrein, waarbij wordt gekeken of onderdelen vast blijven zitten en er geen hinderlijke geluiden ontstaan. De simulatie wordt op een grote shaker uitgevoerd, waar een bepaald 'programma' het hobbelige terrein simuleert.
- Umweltprüfungen
 - Klima-Einlagerung: het bekijken van het gedrag en vervormingen bij diverse temperaturen en vochtigheden, zoals ook bij de losse CQT wordt uitgevoerd.
 - Indoor Sonne Simulation: het simuleren van zon op de cockpit. Hierbij wordt voornamelijk gekeken naar de invloed van UV en warmte op het materiaal.
- Airbagversuchen: het testen van diverse airbags die in de cockpit ingebouwd zijn, al dan niet met testpoppen in een bewegende opstelling.

Gesamt Fahrzeug Erprobung

Hierbij wordt het complete voertuig getest. Voor de 205 vinden de voertuigtesten plaats in Sindelfingen. Een aantal CQT gerelateerde testen zijn:

- Heidedauerlauf: het testen van het voertuig op een ruig en hobbelig parcours, waarbij gekeken wordt of er hinderlijke geluiden ontstaan en of er componenten van de cockpit gaan klapperen. Deze test is behoorlijk tijdrovend en dus duur om uit te voeren.
- Crashversuche: de crashtest voor het voertuig, bijvoorbeeld een frontale crash of een zijwaartse crash. Uiteraard zijn de kosten van deze test ook aanzienlijk.
- Montageversuch: hierbij wordt gekeken hoe alles gemonteerd kan worden in de productie.
- Fahrversuche/- dauerläufe / Umweltprüfungen: hiervoor worden voertuigen over testtracks gereden. Ook worden voertuigen naar diverse locaties op de wereld gestuurd om ze daar in de meest extreme omstandigheden in de praktijk te testen.

4. Werkzaamheden

4.1 Algemeen

Aan het begin van mijn stage heb ik met de afdeling kennis kunnen maken, door mee te helpen de testopstellingen op te bouwen en de testen uit te voeren. Vervolgens kon ik zelfstandig de test opbouwen en uitvoeren. Van eerdergenoemde *Komponenterprobungen* heb ik vrijwel alle testen uitgevoerd of hier aan meegewerkt.

Deze praktische ervaring hielp enorm bij de volgende stap: het schrijven van de *Versuchsberichte*: het document waarin nauwkeurig omschreven staat hoe iedere test uitgevoerd dient te worden. Deze documenten worden door de Versuchingenieurs geschreven. Voor het kunnen schrijven van deze documenten is het van belang te weten wat er dient te gebeuren en welke problemen of onduidelijkheden er kunnen ontstaan tijdens het voorbereiden of uitvoeren van de test.

Ook het uitwerken van de testresultaten heb ik uitgevoerd. Veelal wordt hier geprobeerd grafisch weer te geven wat de testresultaten zijn. Voor bijvoorbeeld een *Seitendruckprüfung* wordt een kracht-weg diagram opgesteld. Alle bijzonderheden worden uitgezocht: wat gebeurt op welk moment en wat zijn hier de gevolgen van? Het bekijken van de geteste onderdelen en gemaakte video's helpt hierbij. Alle vervormingen worden gefotografeerd en gedocumenteerd bij de resultaten en bevindingen.

Naast deze algemene test heb ik zelf ook enkele experimenten uitgevoerd. Van het onderzoek naar de Querrändelung (QR) van de CQT205 zal ik het een en ander toelichten.

4.2 Onderzoek naar Querrändelung van de CQT205

Querrändelung

Zoals in paragraaf 3.1 al naar voren is gekomen, is de verbinding tussen het kunststof en het aluminium buisprofiel een mechanische verbinding. Het buisprofiel is in de lengterichting (Y-richting) voorzien van U-vormige geultjes (figuur 8), waar tijdens het spuitgietproces de polymere smelt in vloeit. Deze geultjes, ook wel *Längsrändelung* genaamd, ontstaan direct bij het extrusieproces van het aluminium buisprofiel. Om de eigenschappen in Y-richting te verbeteren, is ervoor gekozen een Rändelung loodrecht op de Y-richting (en dus de *Längsrändelung*) aan te brengen: de zogenaamde Querrändelung (figuur 9). Deze Querrändelung, ook wel afgekort QR, wordt in een extra productiestap gerold, waardoor de vorm eerder V-vormig dan U-vormig is.

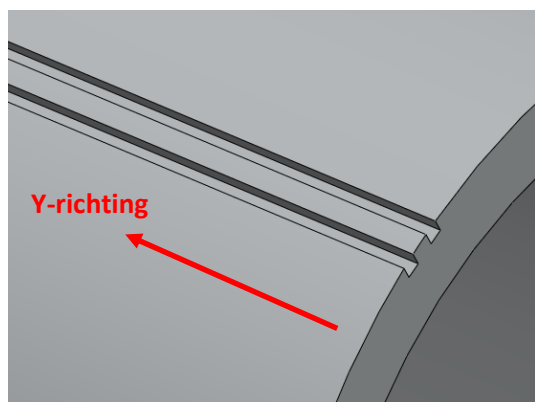


Figure 8: Längsrändelung

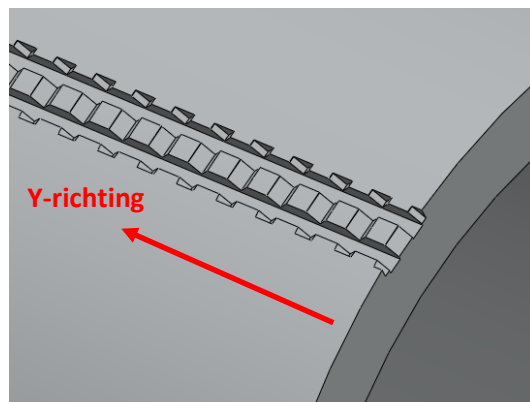


Figure 9: Längsrändelung en Querrändelung

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

De Rändelung, zoals in figuur 9 is afgebeeld, loopt over de gehele lengte van het buisprofiel. Zij is echter maar op vier locaties van de omtrek aanwezig, zoals in figuur 10 rood omcirkeld is.

Een afstudeerder heeft met deze Querrändelung geëxperimenteerd om te kijken wat de invloed hiervan is. Voor verschillende dieptes van 0 mm (geen QR) tot 0.6 mm QR zijn de verbindingseigenschappen bij belastingen in diverse richtingen bepaald. Deze student heeft onder meer naar de volgende eigenschappen gekeken:

- Het afschuiven van de ringen in Y-richting (axiale richting van het buisprofiel)
- Het trekken aan een gedeeltelijke ring loodrecht op de Y-richting (radiale richting van het buisprofiel)

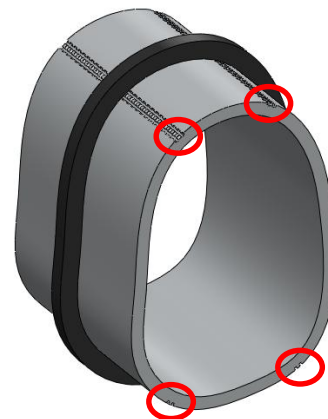


Figure 10: Sample 'ring afschuiven'

Er is gebleken dat de Querrändelung alleen een significante invloed had bij het afschuiven van de ringen in Y-richting. Dit valt natuurlijk in lijn der verwachting, aangezien de Querrändelung loodrecht op de bewegingsrichting staat: het kunststof moet het 'geultje' worden uitgetild, wat extra kracht kost. Met QR werd ruim aan de specificaties voldaan en hiermee is de productie dan ook in gang gezet. Er is echter niet gekeken of het weglaten van de QR ook mogelijk was.

Zoals in de beschrijving van de productie al is omschreven, vereist de toevoeging van de Querrändelung een extra processtap: na de extrusie wordt de QR door een aparte machine gerold. Hierdoor stijgen de kosten aanzienlijk: alleen het toevoegen van de Querrändelung kost ongeveer 70 cent per Querträger extra. Bij een productieaantal van circa 2.5 miljoen auto's zou dit een mogelijke besparing kunnen opleveren van 1.75 miljoen euro.

Om een eerste indruk te krijgen of het mogelijk is de QR weg te laten, is een tweetal vooronderzoeken in gang gezet; de onderzoeken worden genoemd in de volgende alinea's. Afhankelijk van de resultaten kan dan worden besloten meer tijd en geld te steken in het nader onderzoeken om de QR weg te laten of niet.

Het eerste onderzoek is het testen van de quasi-statische eigenschappen bij een verhoogde temperatuur. Hierbij is alleen het afschuiven van de ringen in Y-richting relevant: bij het afstudeeronderzoek was alleen voor deze belastingrichting een duidelijk verschil te zien tussen de situatie met en zonder QR. Zonder QR werden de specificaties ook gehaald, maar de vraag was of dit ook geldt voor minder optimale omstandigheden. Om dit te simuleren is gekeken naar een worst-case scenario: het testen bij een verhoogde temperatuur. Hierbij is het kunststof zachter, waardoor minder kracht nodig is om de ringen te verschuiven. Wordt er dan nog aan de specificaties voldaan?

Het tweede onderzoek is het bekijken van de dynamische eigenschappen van de verbinding: voegt de Querrändelung dan nog een belangrijke factor toe? Tevens kunnen microverschuivingen van de ringen hinderlijke geluiden produceren.

Voor deze vooronderzoeken waren nog een aantal buisprofielen beschikbaar, dat een restpartij was van het afstudeeronderzoek. Van vier verschillende QR-dieptes was een aantal buisprofielen beschikbaar. Deze buisprofielen zijn vervolgens in de productie als 'Sonderteile' klaargemaakt, zodat ze in de afdeling EPP-S verder konden worden geprepareerd.

Testen bij verhoogde temperatuur

De door de afstudeerder uitgevoerde testen zijn allemaal bij omgevingstemperatuur gedaan. De opzet van de test bij een verhoogde temperatuur is in wezen hetzelfde: eenzelfde *Teilausschnitt* (zie figuur 10 op pagina 26) en testopstelling worden gebruikt. De grootste moeilijkheid zit het uitvoeren van de test onder verhoogde temperatuur, te weten 80 graden Celsius. Het exact willen uitvoeren van de test is kostbaar en tijdrovend: dan moet de test zelf in een verwarmde ruimte (klimaatkamer) worden uitgevoerd. De nauwkeurigere testtemperatuur weegt niet op tegen de hoeveelheid moeilijkheden die hierbij om de hoek komt, aangezien het maar om een indruk gaat van de verandering van de eigenschappen. Hierdoor is besloten de samples eerst in een klimaatkamer op te warmen en vervolgens één voor één eruit te halen en te testen.

Met een infraroodthermometer is eerst gekeken op hoeveel graden de samples voorverwarmd moeten worden, om bij het testen een temperatuur van ongeveer 80 graden Celsius te bereiken. Vervolgens konden alle samples worden getest. De invloed van de verhoogde temperatuur was duidelijk zichtbaar: de benodigde kracht voor het afschuiven van de ringen was voor alle dieptes QR lager. De invloed van de QR was hier nog steeds zichtbaar: hoe dieper de QR, hoe meer kracht er nodig was.

Dynamische test

Voor het dynamisch testen van de QR stond nog niets op papier. Het enige dat bekend was, was dat in het Prüffeld van EPP-A een grote shaker stond: hiermee moest de dynamische test worden uitgevoerd. Gezien de resultaten uit de quasi-statische onderzoeken is een dynamische belasting in Y-richting het meest logisch: als er een verschil waar te nemen zou zijn, zou dat in deze richting te zien moeten zijn. De bedoeling zou zijn om de verbinding dynamisch zo te belasten, dat deze verbinding zou gaan falen.

Bepalen van de sample en testopstelling

Nu de richting van de belasting bepaald was, kon verder worden gekeken naar de inhoud en uitvoering van de test. Allereerst is gekeken naar het deel van de CQT dat het meest geschikt zou zijn om de test uit te voeren. Met andere woorden: welk gedeelte wordt weggezaagd, zodat we de samples overhouden. Het eerste voorstel van een Versuchsingenieur was het testen in het kunststof Tunnelstrebe bereik: aan de lange 'arm' van de Tunnelstrebe kon eenvoudig een massa worden bevestigd. Echter, dit is geen logische keuze: het bevestigen van een massa aan deze lange arm zal een grote deflectie veroorzaken, maar de krachten in Y-richting zullen in verhouding veel kleiner zijn dan de reactiekrachten (loodrecht op de Y-richting): hiermee wordt dus meer de Tunnelstrebe getest in plaats van de kunststof-aluminium verbinding. De kunststof Tunnelstrebe is met 4 ringen bevestigd aan het buisprofiel, wat de stijfheid van deze verbinding naar verwachting hoog maakt: gezien de grote arm zal eerder de kunststof dicht bij het buisprofiel falen, dan de verbinding die eigenlijk het doel van de test zou moeten zijn.

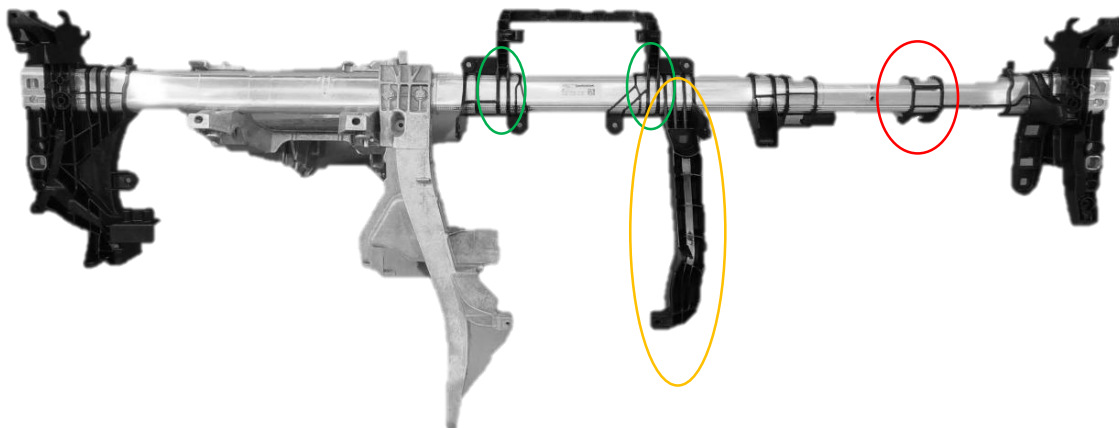


Figure 11: Bepalen van testbereik voor dynamische test

Er moest dus worden gezocht naar een alternatief, waarbij de massa dicht bij het buisprofiel kon worden gepositioneerd. Het bereik van de A-Zäule (zie figuur 11), zowel links als rechts, viel al af: hier is het buisprofiel exotisch gevormd en is de verbinding kunststof-aluminium bijzonder stevig door de grote hoeveelheid aanwezige kunststof. Het rood gemarkeerde gebied is al gebruikt voor de quasi-statische test gebruikt en dus niet meer beschikbaar. Het voorstel is toen geworden om het gedeelte van het head-up display te gebruiken (groen gemarkeerd). Het voordeel van dit gedeelte is, dat per CQT twee samples kunnen worden voorbereid: een linker en rechter deel. Hoewel deze twee delen net verschillend kunnen zijn, kunnen alle samples van een bepaald deel natuurlijk wel met elkaar worden vergeleken.

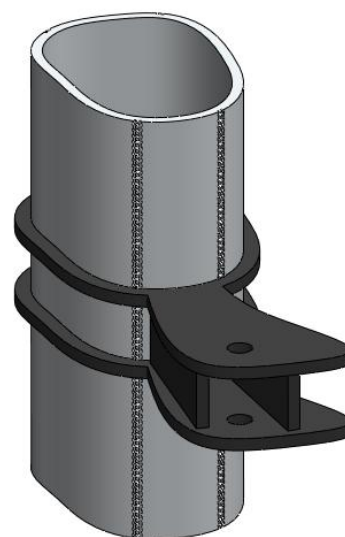


Figure 12: Testsample dynamische test

In figuur 12 is een schematische weergave van een sample zichtbaar. Aan de hand van de eerste samples, gemaakt uit serie-onderdelen, werd een testopstelling gebouwd: de verbinding tussen de sample en de shaker. De samples zijn voorzien van een nauwkeurig gepositioneerd gat, waar met een bout-moer verbinding een massa met sensor kan worden gepositioneerd.

Bepalen van de uitvoering van de test

Zoals eerder aangegeven, zou bij de test de verbinding tussen kunststof en aluminium zo belast moeten worden, dat na een bepaalde tijd (oftewel lastwisselingen) de verbinding zou gaan falen. Dit lijkt echter gemakkelijker gezegd dan gedaan.

De shaker en gebruikte software is in staat een *sweep* uit te voeren over een bepaald frequentiegebied. Hiermee is de eerste eigenfrequentie bepaald, die voor alle samples in de buurt van 120 Hz lag. Wanneer het onderdeel continu in zijn eerste eigenfrequentie belast wordt, zal de kans het grootst zijn, dat het gaat falen. Echter, bij het proces van 'falen' neemt de stijfheid langzaam af, waardoor de eigenfrequentie ook afneemt. Het continu belasten in dezelfde (vooraf bepaalde) frequentie resulteert dus niet in continu belasten in de eerste eigenfrequentie. Gelukkig is de shaker en software in staat tijdens het belasten een verandering van de eigenfrequentie te 'volgen'.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Tijdens de eerste runs met samples uit serie-onderdelen was duidelijk een verlaging van de eerste eigenfrequentie (en dus stijfheid) zichtbaar: dit wordt weergegeven in een zogenaamde *Ermüdungskurve*, een grafiek waarin het verschil in eigenfrequentie uitgezet is tegen het aantal lastwisselingen (afgekort LW). Tijdens de test kon ook duidelijk met een stroboscoop de bewegingsmode worden bekeken. Echter, na ruim 500.000 LW was de stijfheid nog hoog: het voelde niet 'kapot'. Een vuistregel bij dergelijke dynamische experimenten is een LW-aantal van rond de 150.000: hiermee is de benodigde tijd ook acceptabel. Veel meer LW betekent naast meer benodigde tijd ook meer strooiing, terwijl veel minder LW eerder een impactbelasting wordt.

Het moeilijkste van de test is om helder te definiëren wanneer iets kapot is. Is dit wanneer het kunststof en aluminium daadwerkelijk compleet los van elkaar zijn? Of is dit wanneer de 'functie' van het onderdeel niet meer kan worden geleverd? Hoe wordt deze 'functie' gedefinieerd en hoe is dit tijdens de test meetbaar?

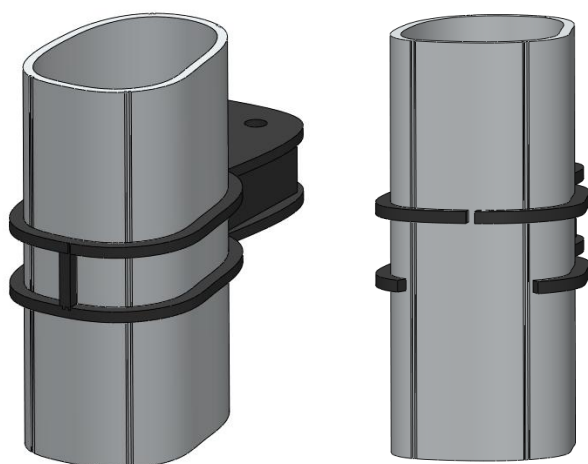


Figure 13: Onaangepast sample (links) en verzwakt sample (rechts)

Het verlagen van het aantal LW kan worden bereikt door de belasting te verhogen of het onderdeel te verzwakken. De belasting bestaat uit de versnelling van de shaker (die is vastgezet op 25 m/s^2 , een standaardwaarde voor diverse testen) en de massa. Er is echter gekozen voor het verzwakken van het onderdeel, zoals in figuur 13 zichtbaar is. Van de vier bevestigingspunten met de Rändelung per 'ring', zijn de voorste twee in stand gebleven terwijl de achterste twee al voor het experiment met opzet verbroken zijn. De bovenste ring is, op een kleine insnede na, gebleven, terwijl de onderste ring

grotendeels weggehaald is. Hierdoor wordt de belasting zoveel mogelijk gedragen door de verbindingpunten aan de voorkant, maar kan het gewicht met de sensor niet plotseling op de grond vallen.

Hiermee werd het definiëren van 'wanneer is het onderdeel kapot?' een stuk makkelijker. Na diverse runs bleek het kunststof deel heftig te klapperen na 80% eigenfrequentieverlies: het stond op het punt naar beneden te glijden. Na demontage bleek dan ook, dat de verbinding volledig los was. Het benodigde aantal LW lag hiervoor ook tussen de 100.000 en 200.000, wat een zeer acceptabel aantal is.

Om de invloed van deze aanpassing te bekijken, zijn ook nog een tweetal samples zonder deze verzwakking getest. Hierbij bleek na meerdere miljoenen LW het onderdeel te falen door een breuk in de kunststofring, in plaats van de verbinding met het aluminium.

Resultaten

Om tijd te besparen zijn alleen de samples zonder QR en met maximale QR getest. Hieruit bleek een zeer lichte verbetering aanwezig te zijn voor de samples met QR, maar dit verschil was erg klein en dus met weinig samples moeilijk te onderbouwen.

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Bij het bekijken van de bewegingsmode met de stroboscoop was te zien dat er geen zuivere beweging in Y-richting was, maar ook een beweging in XZ-richting als gevolg van de reactiekrachten die het moment opvangen (zie figuur 14). Hoewel dit ongewenst lijkt te zijn, is het wel meer representatief voor een belasting in het voertuig: een zuivere belasting van de verbinding in Y-richting is hier ook niet aanwezig.

Deze resultaten zijn aanleiding voor een discussie in Stuttgart om te kijken of de QR eventueel weggelaten kan worden. Mocht die stap worden genomen, dan zal in gedetailleerder en uitgebreider onderzoek moeten blijken wat de verschillen zijn en in hoeverre dit invloed heeft op het voertuig.

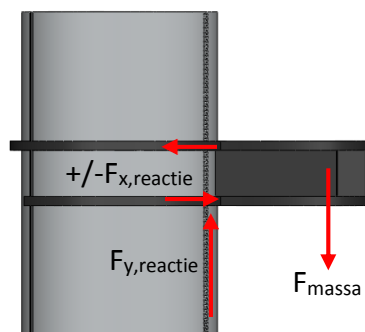


Figure 14: Statische reactiekrachten

5. Reflectie

Het regelen van mijn stageadres is mij erg meegevallen: zolang je actief op zoek bent, is er altijd wel wat te vinden. Mede door bemiddeling van de vader van het gastgezin heb ik een sollicitatiegesprek bij Daimler kunnen voeren. Ondanks dat het even wennen is om een sollicitatiegesprek in het Duits te voeren, is dit toch goed uitgekapt. De sfeer bij het gesprek was direct goed: tamelijk informeel en er was duidelijk te zien, dat in de afdeling een gezellige en hechte groep collega's werkt.

De voorbereiding van de stage was een stuk formeler: het aanleveren van documenten verloopt allemaal via het hoofdkantoor in Stuttgart. Naast een aantal specifieke documenten bleek ik ook een Duitse bankrekening nodig te hebben en mocht ik mijn weg vinden in het Duitse belastingstelsel. In Nederland bleek het allemaal ook complexer te zijn dan ik had gedacht: het blijkt niet te zijn toegestaan om een normale Nederlandse zorgverzekering aan te houden als je gaat werken in het buitenland. Een stage met stagevergoeding valt hier ook onder, waardoor ik mij privé heb laten verzekeren.

De eerste paar dagen bij mijn stage waren erg vermoeiend: het Duits dat je op school geleerd hebt is anders dan het technische Duits, waarbij ook nog snel of binnensmonds wordt gepraat. Het continu proberen te verstaan wat mensen zeggen kost dan ook aardig wat energie. In het begin is het ook lastig je in enigszins correct Duits verstaanbaar te maken en bij de gesprekken mee te discussiëren. Dit is voor mij erg leerzaam geweest: je wordt heel erg uit je *comfortzone* gehaald en hebt continu het idee dat je 'dom' over komt, omdat je je niet zo vloeiend kunt uitdrukken als je zou willen. Gelukkig werd ik thuis gedwongen om ook Duits te praten, waardoor het leren van de taal sneller ging.

Binnen de groep collega's kreeg ik al snel het gevoel dat ik 'geaccepteerd' werd: na twee weken werd ik al uitgenodigd om met de collega's een speenvarken te gaan *grillen*. Contact met andere studenten binnen Daimler leggen ging gemakkelijk: iedere twee weken was er *Praktikantenstammtisch*, waarbij we met een groep studenten de stad in gingen.

De werkzaamheden waren, zoals al eerder aangegeven, zeer divers. In het begin bouwde ik samen met een collega de experimenten op en voerden we ze samen uit. Vervolgens deed ik dat zelfstandig, inclusief het schrijven van de documentatie. Het zelfstandig uitdenken van een test vond ik erg leuk: je bedenkt iets en duikt dan de werkplaats in om de testopstelling te gaan maken. Dit stuk ervaring is voor mij zeer waardevol: je gaat hierdoor kritischer naar je eigen ideeën en ontwerp kijken, omdat je een beter inzicht krijgt of iets realiseerbaar is of niet. Het krijgen van de vrijheid en verantwoordelijkheid bij een test beviel mij ook erg goed: het maakt je onafhankelijker en je kunt de test veel meer zelf sturen.

Het wonen bij een gastgezin is mij goed bevallen: je hebt 's avonds de gezelligheid van een gezin in plaats van het alleen zitten op een kamertje. Kanttekening is wel, dat ik nog relatief ver van Mercedes en Hamburg af woonde: de reistijd viel nog mee, maar de verbindingen met het openbaar vervoer waren bedroevend. Van en naar het werk kon ik met de vader van het gastgezin rijden, maar het afspreken met collega's en andere studenten was wel lastiger. Gelukkig kon ik door het gastgezin van en naar het station gehaald of gebracht worden, maar gemakkelijk is anders: je voelt je toch wel bezwaard en bent minder flexibel.

Het afscheid nemen van de collega's en de gastfamilie was even moeilijk: als je vijf maanden veel met elkaar omgaat, bouw je toch wel een band op. Ik ging met plezier, maar ook wel met tegenzin, weer terug naar Nederland: een duidelijk teken dat ik een goede tijd heb gehad!

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Getuigschrift

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Bronverwijzing

www.daimler.de

http://de.wikipedia.org/wiki/Daimler_AG

<http://de.wikipedia.org/wiki/Daimler-Benz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz-PKW>

Voorpagina <http://mercedes-benz-blog.blogspot.nl/2013/10/breaking-news-new-mercedes-benz-c-class.html>

[1] Figuur 1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Hamburg>

[2] Figuur 2 <http://www.hamburg-infoguide.de/sehenswuerdigkeiten/blankenese.htm>

[3] Figuur 3 / 4 http://de.wikipedia.org/wiki/Altes_Land

[4] Figuur 7 <http://ww3.cad.de/foren/ubb/uploads/Michael+Puschner/090311-zFahrzeugKoordinatensystem.jpg>

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Bijlage 1: Overzicht Baureihen in EPP-S

Baureihe 176, A-Klasse, Kompaktklasse met hatchback, Productie sinds juli 2012



<http://www.sternenkreuzer.net/wp-content/uploads/2012/03/mercedes-a-klasse-w176.jpg>

Baureihe 246, B-Klasse, Kompaktvan, Productie sinds september 2011



http://www.mercedes-seite.de/wp-content/uploads/2012/07/11C818_0471.jpg

VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Baureihe 205, C-Klasse, Mittelklasse, Productie sinds februari 2014



[http://1.bp.blogspot.com/-xZPdcnKK0QM/T8OVf1C2UYI/AAAAAAAAAFi0/6JI2eV058OI/s1600/Illustration+-+2014+Mercedes-Benz+C-Class+\(W+205\).png](http://1.bp.blogspot.com/-xZPdcnKK0QM/T8OVf1C2UYI/AAAAAAAAAFi0/6JI2eV058OI/s1600/Illustration+-+2014+Mercedes-Benz+C-Class+(W+205).png)

Interieur en dashboard van de 205



<http://autophorie.de/wp-content/uploads/2013/10/mercedes-benz-c-klasse-w205-innenraum-3.jpg>

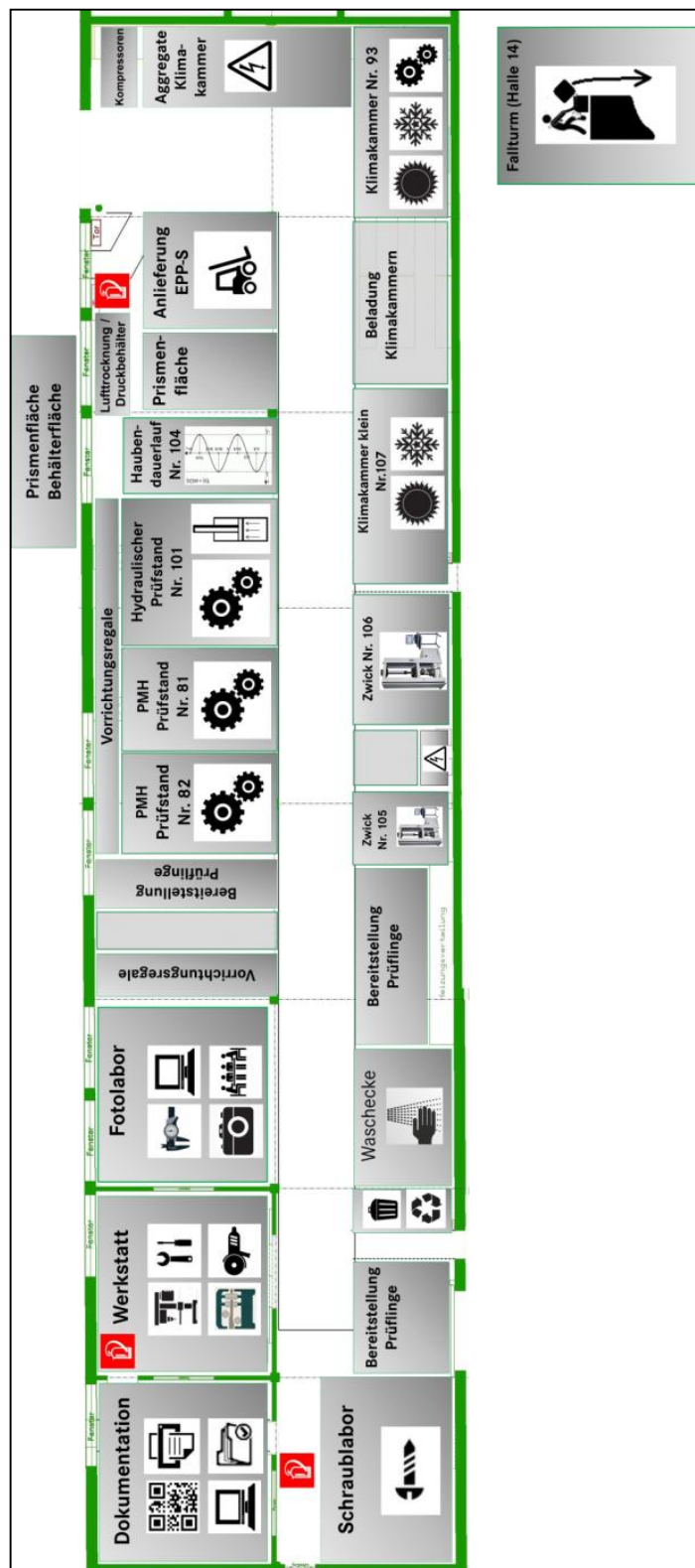
VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden

Bijlage 2: Layout Prüffeld



VERTROUWELIJK / VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

Zonder toestemming is iedere vorm van verspreiding verboden

Ohne Zustimmung ist jede Form von Verbreitung verboten

Unauthorized distribution in any form is forbidden